

Gas turbine layout cooling system bleeds portion of film cooling air through turbine blade via inlet or outlet edge borings for direct blade wall service.

Patent Number: ☐ DE10027842
Publication date: 2001-12-20
Inventor(s): WETTSTEIN HANS (CH); REITER WILHELM (DE)
Applicant(s): ALSTOM POWER NV (NL)
Requested Patent: ☐ EP1167721-
Application Number: DE20001027842 20000605
Priority Number(s): DE20001027842 20000605
IPC Classification: F02C7/18; F01D5/18
EC Classification: F01D5/18G, F02C7/18C
Equivalents:

Abstract

A small portion of the cooling air is fed into the turbine flow through film cooling borings (33,34) in designed leakage mode. Thermally loaded parts include the combustion chamber walls (12) and/or housing parts of the turbine (13) and/or turbine rotor parts and/or blades (23). The blades are cooled via borings (33,34) at blade inlet edges (52) and/or blade outlet edges (53), the turbine having a series of blade lines to be cooled in sequence. The cooling air is compressed after cooling operations by means of the turbines own compressor (11) or an outside compressor which in turn brings the air up to compressor end air to which it is added. On removal from the compressor (11) the air should be cooled down (19,22) or by direct water spray.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 167 721 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2002 Patentblatt 2002/01

(51) Int Cl.7: F02C 7/18

(21) Anmeldenummer: 01112664.6

(22) Anmeldetag: 25.05.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI(72) Erfinder:
• Reiter, Wilhelm
79790 Küssaberg (DE)
• Wettstein, Hans, Dr.
5442 Fislisbach (CH)

(30) Priorität: 05.06.2000 DE 10027842

(74) Vertreter: Liebe, Rainer et al
ALSTOM (Schweiz) AG Intellectual Property
CHSP Haselstrasse 16/699, 5. Stock
5401 Baden (CH)(71) Anmelder: ALSTOM Power N.V.
1101 CS Amsterdam (NL)

(54) Verfahren zum Kühlen einer Gasturbinenanlage sowie Gasturbinenanlage zur Durchführung des Verfahrens

(57) Eine Gasturbinenanlage (10) umfasst einen Verdichter (11), welcher eingangsseitig Ansaugluft (14) ansaugt und zu ausgangsseitig zur Verfügung stehender Verdichterendluft (15) verdichtet, eine Brennkammer (12), in welcher unter Verwendung der Verdichterendluft (15) ein Brennstoff (F) unter Bildung von Heissgas (16) verbrannt wird, sowie eine Turbine (13), in welcher das Heissgas (16) unter Arbeitsleistung entspannt wird. Bei einem Verfahren zum Kühlen dieser Gasturbinenanlage (10) wird verdichtete Luft aus dem Verdichter

(11) entnommen, als Kühlluft zur Kühlung in einem innenliegenden Kühlkanal durch thermisch belastete Bauteile der Brennkammer (12) und/oder der Turbine (13) geleitet, anschliessend verdichtet und der Verdichterendluft (15) zugeführt. Eine verbesserte Kühlung ohne Nachteil für den Wirkungsgrad der Anlage wird dadurch erreicht, dass ein geringer Teil der Kühlluft zur Filmkühlung durch an den Bauteilen angeordnete Filmkühlbohrungen nach Art einer gezielten Leckage in die Turbinenströmung eingespiessen wird.

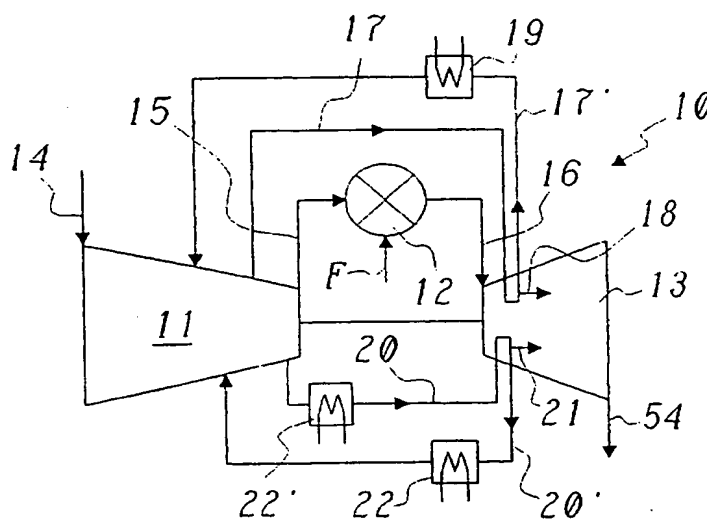


Fig. 1

EP 1 167 721 A2

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Gasturbinen. Sie betrifft ein Verfahren zum Kühlen einer Gasturbine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Gasturbinenanlage gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 13 zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Ein solches Verfahren und eine solche Gasturbinenanlage sind z. B. aus der Druckschrift US-A-5,611,197 bekannt.

STAND DER TECHNIK

[0003] Bestehende Gasturbinen (Gasturbinenanlagen) verwenden zur Kühlung der heissen Teile, besonders der Brennkammer und der vom Heissgas durchströmten Turbine entweder Kühlfluide, die dem Verdichter (Kompressor) bei passendem Druck entnommen, manchmal auch noch nachgekühlt werden, und nach erfolgter Kühlung der heissen Teile der Turbinenströmung beigegeben werden, oder geschlossene Kühlkreisläufe, die von einer fremden Kühlfluidquelle, meistens mit Wasserdampf, versorgt werden. Bei letzteren - die häufig in Kombikraftwerken zu finden sind - kann die Kühlwärme im nachgeschalteten Prozess oft noch genutzt werden. Eine weitere Möglichkeit, die beispielsweise in der EP-A2-0 899 425 der Anmelderin beschrieben ist, kombiniert speziell bei der Schaufelkühlung ein geschlossenes Dampfkühlsystem im Hauptteil der Schaufel mit einem offenen Kühlsystem im Bereich der Schaufeleintrittskante.

[0004] Die erste Kategorie hat den Nachteil, dass das Kühlfluid, welches die Erwärmung in der Brennkammer inhärent umgeht, in der Kühlstrecke meistens einen höheren Druckabfall erleidet, als er für die Kühlaufgabe nötig ist. Zusätzlich werden Mischverluste beim Eintritt des Kühlfluids in die Hauptströmung erzeugt. Beides sind erhebliche Prozessverluste, die den Wirkungsgrad des Gesamtprozesses massgeblich beeinträchtigen.

[0005] Die zweite Kategorie der von aussen versorgten geschlossenen Kühlsysteme und insbesondere auch die dritte Kategorie der kombinierten Kühlsysteme hat zwar diese Nachteile nicht oder nur bedingt, der Betrieb wird dafür aber von einer äusseren Kühlmittelversorgung abhängig, was eine erhöhte Komplexität, sowie erhöhte Kosten und Sicherheitsrisiken mit sich bringt.

[0006] In der eingangs genannten US-A-5,611,197 ist nun eine Gasturbine mit einem geschlossenen Kühlsystem für die Leit- und Laufschaufeln sowie das Heissgasgehäuse der Turbine vorgeschlagen worden, bei welchem dem Verdichter auf einer mittleren Druckstufe oder am Ausgang Luft bei einem bestimmten Druck entnommen, als Kühlluft durch die zu kühlenden Bauteile geführt und anschliessend auf einer geeigneten niedrigeren Druckstufe wieder in den Verdichter eingespiessen

wird. Die zurückgeführte Kühlluft kann dabei vor der Einspeisung in den Verdichter zusätzlich auch noch in einem Kühler abgekühlt werden.

[0007] Diese bekannte Art des geschlossenen Kühlkreislaufes hat hinsichtlich Einfachheit von Aufbau und Betrieb und Beeinflussung des Gesamtwirkungsgrades gegenüber den weiter oben beschriebenen Kühlungsarten erhebliche Vorteile. Nachteilig ist jedoch, dass - gerade auch im Bezug auf die Turbinenschaufeln - eine Filmkühlung der dem Heissgas ausgesetzten Bauteiloberflächen mit diesem hermetisch geschlossenen Kühlkreislauf nicht ohne weiteres möglich ist. Es muss daher entweder auf eine Filmkühlung verzichtet werden - was die Belastbarkeit der Bauteile und damit letztendlich den Wirkungsgrad verringert, oder es muss für die Filmkühlung ein separater Kühlkreis vorgesehen werden, der die Komplexität der Anlage und damit deren Störanfälligkeit erhöht.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Kühlverfahren für eine Gasturbinenanlage sowie eine Gasturbinenanlage zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, welche die Nachteile bekannter Verfahren bzw. Gasturbinenanlagen vermeidet und sich insbesondere durch eine hohe Kühleffektivität bei gleichzeitig einfachem Aufbau und Betrieb und hohem Gesamtwirkungsgrad der Anlage auszeichnet.

[0009] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale der Ansprüche 1 und 13 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, von einem den Verdichter mit einbeziehenden, geschlossenen Kühlluftkreislauf ausgehend an dem gekühlten Bauteil nach Art einer gezielten Leckage einen kleinen Teil der Kühlluft abzugeben und durch entsprechende Filmkühlbohrungen nach aussen abzugeben, um ohne wesentliche Beeinträchtigung des Wirkungsgrades eine wirksame Filmkühlung auf der heissgasbelasteten Aussenfläche des Bauteils zu ermöglichen.

[0010] Bevorzugt umfassen die mittels der Kühlluft gekühlten, thermisch belasteten Bauteile die Wände der Brennkammer und/oder Gehäuseteile der Turbine und/oder Rotorteile der Turbine und/oder Schaufeln der Turbine.

[0011] Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufeln der Turbine mittels der Kühlluft gekühlt werden, und dass die Filmkühlbohrungen an den Schaufeleintrittskanten und/oder den Schaufelaustrittskanten angeordnet sind. Hierdurch werden mit einem geringen Verlust an Kühlluft die besonders stark belasteten Kanten der Schaufeln wirksam filmgekühlt.

[0012] Besonders einfach wird das Verfahren, wenn gemäss einer anderen Ausführungsform die Turbine eine Mehrzahl von Schaufelreihen umfasst, und die Schaufelreihen nacheinander von der Kühlluft durchströmt werden.

[0013] Die Kühlluft erleidet beim Kühlvorgang einen Druckverlust, der vor dem Rückführen der Kühlluft durch Komprimieren wieder ausgeglichen werden muss. Dies kann mit besonders wenig Aufwand geschehen, wenn gemäss einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens zum Verdichten der Kühlluft nach dem Kühlvorgang der Verdichter der Gasturbinenanlage selbst verwendet wird, d.h., wenn die Kühlluft auf einer mittleren Druckstufe in den Verdichter eingespiessen wird.

[0014] Alternativ dazu kann aber auch zum Verdichten der Kühlluft nach dem Kühlvorgang ein externer Verdichter verwendet werden. Wird dann die Kühlluft mittels des externen Verdichters auf den Druck der Verdichterendluft verdichtet, kann die verdichtete Kühlluft direkt der Verdichterendluft zugefügt werden.

[0015] Bevorzugt wird die Kühlluft nach dem Kühlvorgang und vor dem Verdichten abgekühlt. Durch Mischen mit der übrigen Verdichterluft kann so insbesondere die Verdichterendtemperatur abgesenkt werden. Dies erlaubt eine Steigerung des Druckverhältnisses und damit des Wirkungsgrades.

[0016] Zum Abkühlen der Kühlluft kann dabei ein Kühler verwendet werden. Es ist aber auch denkbar, dass zum Abkühlen der Kühlluft Wasser direkt in die Kühlluft eingespritzt wird. Ebenso ist es möglich, die Kühlluft mittels eines Wärmetauschers mit der Verdichterendluft zu kühlen, wobei vorzugsweise die Kühlluft nach Durchlaufen des Wärmetauschers mittels eines anderen Kühlmediums noch weiter abgekühlt wird.

[0017] Eine bevorzugte Ausführungsform der Gasturbinenanlage nach der Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Kühlleitungen in den Verdichter auf einer mittleren Druckstufe münden. Alternativ dazu kann in den zweiten Kühlleitungen ein externer Verdichter angeordnet sein, wobei die zweiten Kühlleitungen in den Ausgang des Verdichters der Gasturbinenanlage münden.

[0018] Eine andere bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass in den zweiten Kühlleitungen ein Kühler angeordnet ist.

[0019] Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0020] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 ein stark vereinfachtes Anlagenschema einer Gasturbinenanlage gemäss einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit zwei alternativen Kühlkreisläufen mit Rückkühlung zur Kühlung von Schaufeln in der Turbine;

Fig. 2 den Querschnitt durch eine beispielhafte Schaufel mit Filmkühlung an der Schaufelein-

trittskante und Schaufelaustrittskante, wie sie für die Verwirklichung der Erfindung geeignet ist;

5 Fig. 3 eine zu Fig. 1 vergleichbare Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung mit sukzessiver Kühlung mehrerer Schaufelreihen und Rekompensation der Kühlluft durch einen externen Verdichter;

10 Fig. 4 eine zu Fig. 1 vergleichbare Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung mit einer Rückkühlung der Kühlluft mittels der Verdichterendluft in einem Wärmetauscher und einem nachgeschalteten weiteren Kühler;

15 Fig. 5 eine zu Fig. 1 vergleichbare Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels der Erfindung, bei welchem die Rückkühlung der Kühlluft mittels Einspritzen von Wasser erfolgt; und

20 Fig. 6 eine zu Fig. 1 vergleichbare Darstellung eines fünften Ausführungsbeispiels der Erfindung, bei dem die Wände der Brennkammer (Brennkammerliner) und/oder das Heissgasgehäuse der Turbine gekühlt werden.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

30 [0021] In Fig. 1 ist ein stark vereinfachtes Anlagenschema einer Gasturbinenanlage gemäss einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit zwei alternativen Kühlkreisläufen wiedergegeben. Die Gasturbinenanlage 10 umfasst einen (üblicherweise mehrstufigen) Verdichter 11, eine Brennkammer 12 und eine (üblicherweise mehrstufige) Turbine 13. Verdichter 11 und Turbine 13 weisen entsprechende Schaufelreihen auf, die auf einem gemeinsamen Rotor angeordnet sind. Der Verdichter 11 saugt eingangsseitig Ansaugluft 14 an, verdichtet sie und gibt sie ausgangsseitig in Form von Verdichterendluft 15 an die Brennkammer 12 ab, wo sie als Verbrennungsluft zur der Verbrennung eines (flüssigen oder gasförmigen) Brennstoffes F verwendet wird. Das bei der Verbrennung entstehende Heissgas 16 wird in der nachfolgenden Turbine 13 unter Arbeitsleistung entspannt und schliesslich als Abgas 54 an einen Kamin oder - in einem Kombikraftwerk - an einen nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger weitergeleitet.

45 [0022] In der Turbine 13 befinden sich - umgeben von einem Heissgasgehäuse - verschiedene Reihen von Leit- und Laufschaufeln, die dem aus der Brennkammer 12 kommenden Heissgas 16 ausgesetzt sind, wobei die thermische Belastung der Schaufeln und Gehäuseteile bzw. der Wände der Uebergangsstücke um so grösser ist, je näher sie am Eingang der Turbine 13 platziert sind. Diese thermisch stark belasteten Bauteile müssen gekühlt werden, um bei den für einen guten Wirkungsgrad erforderlichen hohen Heissgastemperaturen eine aus-

reichende Standzeit zu erreichen.

[0023] Erfindungsgemäss werden die thermisch belasteten Bauteile nun mit Kühlluft gekühlt, die aus dem Verdichter 11 bei einem vorgegebenen Druckniveau entnommen, über eine erste Kühlleitung 17 bzw. 20 zum zu kühlenden Bauteil geführt, dort zur Kühlung eingesetzt und anschliessend zum überwiegenden Teil über eine zweite Kühlleitung 17' bzw. 20' zum Verdichter 11 zurückgeführt und dort auf einem niedrigeren Druckniveau wieder eingespiessen wird. Durch diese Art der Wiedereinspeisung kann der Verdichter 11 den beim Kühlvorgang entstandenen Druckverlust ausgleichen. Die Kühlluft nimmt damit zu einem überwiegenden Teil als Verbrennungsluft am Verbrennungsprozess teil und führt daher nur zu geringen Verlusten im Wirkungsgrad. Die Kühlung der thermisch belasteten Bauteile ist überwiegend eine Innenkühlung, bei der die Kühlluft durch im Inneren der Bauteile vorgesehene Kühlkanäle strömt. Es ergibt sich so ein weitgehend geschlossener Kühlkreislauf.

[0024] Anders als beim nächstkommenen Stand der Technik (siehe die eingangs genannte US-A-5,611,197) ist der Kühlkreislauf jedoch nicht vollständig geschlossen, sondern sieht eine zusätzliche Aussenkühlung in Form einer Filmkühlung vor. Am zu kühlenden Bauteil sind dazu Ausströmöffnungen (Filmkühlbohrungen) angeordnet, durch die ein kleiner Teil der zirkulierenden Kühlluft als Leckageluft 18 bzw. 21 nach aussen strömt und auf der heissgasbelasteten Aussenfläche des Bauteils einen kühlenden Film bildet. Der Anteil an Leckageluft 18, 21 ist dabei so gewählt, dass einerseits der Gesamtwirkungsgrad der Anlage nur geringfügig verringert wird, sich andererseits aber eine wirksame Filmkühlung einstellt.

[0025] Im Beispiel der Fig. 1 sind zwei solcher Kühlkreisläufe (17, 17', 18 und 20, 20', 21) dargestellt, die je nach Bedarf - auf anderen Druckniveaus des Verdichters 11 Kühlluft entnehmen und wieder einspeisen. Die Leckageluft 18 bzw. 21, die in die Turbinenströmung einfliesst und damit nicht mehr durch die Brennkammer 12 geführt werden kann, ist in Fig. 1 durch kleine, vom Kühlkreislauf abgehende Pfeile symbolisiert. Die beim Kühlvorgang von der Kühlluft aufgenommene Wärme kann nun vor Wiedereinspeisung in den Verdichter 11 dadurch aus der Kühlluft entfernt werden, dass in den zweiten Kühlleitungen 17' bzw. 20' jeweils ein Kühler 19 bzw. 22 angeordnet wird. Als Kühlmedium in den Kühlern 19, 22 kommt dabei z.B. Wasser oder Dampf in Betracht. Es ist aber ebenso gut auch möglich, zusätzlich zu oder anstelle dieser Rückkühlung die verdichtete Luft nach der Entnahme aus dem Verdichter 11 - z.B. mittels eines Kühlers 22' - auf niedrigere Temperatur zu kühlen, bevor sie zur Kühlung thermisch belasteter Bauteile verwendet wird.

[0026] Die Rückkühlung der Kühlluft mittels der Kühler 19, 22 kann gleichzeitig dazu eingesetzt werden, die Temperatur der im Verdichter 11 verdichteten Luft nach Art eines Zwischenkühlers abzusenken. Wird die Kühl-

luft in den Kühlern 19, 22 wesentlich stärker rückgekühlt, als es der Wärmeaufnahme beim Kühlvorgang entspricht, kann die Verdichterendtemperatur, d.h., die Temperatur der Verdichterendluft 15 abgesenkt werden, was eine Steigerung des Druckverhältnisses und damit eine Erhöhung des Wirkungsgrades ermöglicht.

[0027] Handelt es sich bei dem zu kühlenden Bauteil um eine Schaufel bzw. eine Schaufelreihe der Turbine 13, wird die Leckageluft vorzugsweise dazu verwendet, die Schaufeleintrittskanten und/oder Schaufelaustrittskanten der Schaufel(n) durch Filmkühlung zu kühlen. Eine dazu geeignete beispielhafte Schaufel 23 ist im Querschnitt in Fig. 2 dargestellt. Die Schaufel 23 hat eine druckseitige Schaufelwand 24 und eine saugseitige Schaufelwand 25, die sich jeweils an der Schaufeleintrittskante 52 und an der Schaufelaustrittskante 53 vereinigen. Im Inneren der Schaufel 23 sind - durch Stützwände voneinander getrennt - verschiedene Kühlkanäle 26, ..., 30 angeordnet, die in Achsenrichtung der Schaufel 23 (d.h. senkrecht zur Zeichenebene) verlaufen und von der Kühlluft in wechselnder Richtung durchströmt werden (siehe z.B. die EP-A2-0 899 425). Von den im Bereich der Kanten 52, 53 angeordneten Kühlkanälen 28 und 30 gehen Filmkühlbohrungen 33 bzw. 34 nach aussen, durch welche die Leckageluft ausströmen und auf der Aussenseite einen Kühlfilm bilden kann (siehe z.B. auch die US-A-5,498,133). Die Kühlkanäle 28, 30 werden dabei aus den angrenzenden Kühlkanälen 27, 29 durch Verbindungskanäle 31, 32 mit Kühlluft versorgt.

[0028] Ausgehend von dem in Fig. 1 dargestellten Grundschemata der erfindungsgemässen Kühlung können im Rahmen der Erfindung verschiedene Varianten realisiert werden, die auf unterschiedliche Anwendungsfälle abgestimmt sind und ihre speziellen Vorteile aufweisen. Bei dem in Fig. 3 wiedergegebenen Ausführungsbeispiel einer Gasturbinenanlage 35 sind zwei dieser Varianten verwirklicht. Zum einen wird bei dem hier gezeigten Kühlkreislauf, der durch die Kühlleitungen 37 und 37' gebildet wird, die Kühlluft direkt aus der Verdichterendluft 15 abgezweigt und der Verdichterendluft 15 auch wieder zugefügt. Die notwendige Rekompensation wird daher nicht im Verdichter 11 der Gasturbinenanlage 35 vorgenommen, sondern mittels eines externen Verdichters 36. Auch hier ist für die Rückkühlung vor der Rekompensation ein Kühler 19 vorgesehen. Der Kühlkreislauf wird bei diesem Beispiel nicht nur für eine einzelne Schaufelreihe der Turbine 13 verwendet, sondern für mehrere Schaufelreihen 38, 39 und 40, die von der Kühlluft sequentiell durchströmt werden. In jeder der Schaufelreihen 38, ..., 40 strömt zur Filmkühlung der Kanten entsprechend Leckageluft in die Hauptströmung der Turbine 13 aus.

[0029] Ein anderes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Kühlung ist in Fig. 4 dargestellt. Der Kühlkreislauf der Gasturbinenanlage 41, der hier die Kühlleitungen 42 und 42' umfasst und eine (oder mehrere) Schaufelreihe(n) der Turbine 13 kühlt, benutzt zur

Rückkühlung der beim Kühlvorgang erwärmten Kühlluft direkt die Verdichterendluft 15. Hierzu wird in die zweite Kühlleitung 42' ein Wärmetauscher 43 eingefügt, der (im Gegenstrom) von der Kühlluft und der Verdichterendluft 15 durchströmt wird. Reicht diese erste Rückkühlung im Wärmetauscher 43 nicht aus, kann noch ein zusätzlicher Kühler 44 nachgeschaltet werden, der als Kühlmedium beispielsweise Wasser oder Dampf verwendet.

[0030] Eine andere Möglichkeit der Rückkühlung ist im Ausführungsbeispiel der Fig. 5 dargestellt. Bei der Gasturbinenanlage 45 dieser Figur ist in den Kühlkreislauf mit den Kühlleitungen 46, 46' eine Einspritzvorrichtung 47 eingefügt, in welcher nach Art einer "Quenchkühlung" Wasser in die Kühlluft eingespritzt bzw. eingedüst wird. Die dadurch erreichbare Temperaturabsenkung der Kühlluft wird vorzugsweise so ausgelegt, dass nach der Vermischung der rückgekühlten Kühlluft mit der durch den Verdichter 11 strömenden Hauptluft die Temperatur des Mischgases verringert wird. Wie bereits oben erwähnt, besteht dadurch die Möglichkeit, den Wirkungsgrad der Anlage zu erhöhen.

[0031] Schliesslich ist es gemäss Fig. 6 möglich, im Rahmen der Erfindung bei einer Gasturbinenanlage 48 anstelle der oder zusätzlich zu den Schaufeln der Turbine 13 auch andere thermisch stark belastete Bauteile der Anlage mit Luft im geschlossenen Kreislauf zu kühlen. So ist in Fig. 6 der Kühlkreislauf mit den Kühlleitungen 49, 49' und dem Kühler 51 dafür ausgelegt, die Wände der Brennkammer 12 bzw. die Brennkammerliner durch innere Kühlluftzirkulation und externe Filmkühlung zu kühlen. Ein anderer (gestrichelt eingezeichnet) Kühlkreislauf mit den Kühlleitungen 50, 50' sorgt für eine innere und äussere Kühlung des Heissgasgehäuses der Turbine 13, insbesondere im Eintrittsbereich der heissen Gase.

[0032] Insgesamt ergibt sich mit der Erfindung eine wirkungsvolle Kühlung der thermisch belasteten Bauteile einer Gasturbinenanlage, die einfach aufgebaut ist und betrieben werden kann, flexibel eingesetzt werden kann und nur geringe Auswirkungen auf den Gesamtwirkungsgrad der Anlage hat.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0033]

10	Gasturbinenanlage
11	Verdichter (Kompressor)
12	Brennkammer
13	Turbine
14	Ansaugluft
15	Verdichterendluft
16	Heissgas
17, 17'	Kühlleitung
18, 21	Leckageluft
19, 22, 22'	Kühler
20, 20'	Kühlleitung
23	Schaufel

24	Schaufelwand (druckseitig)
25	Schaufelwand (saugseitig)
26, ..., 30	Kühlkanal
31, 32	Verbindungskanal
5 33, 34	Filmkühlbohrung
35, 41, 45, 48	Gasturbinenanlage
36	Verdichter (extern)
37, 37'	Kühlleitung
38, 39, 40	Schaufelreihe
10 42, 42'; 46, 46'	Kühlleitung
43	Wärmetauscher
44, 51	Kühler
47	Einspritzvorrichtung
49, 49'; 50, 50'	Kühlleitung
15 52	Schaufeleintrittskante
53	Schaufelaustrittskante
54	Abgas
F	Brennstoff

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kühlen einer Gasturbinenanlage (10, 35, 41, 45, 48), umfassend einen Verdichter (11), welcher eingangsseitig Ansaugluft (14) ansaugt und zu ausgangsseitig zur Verfügung stehender Verdichterendluft (15) verdichtet, eine Brennkammer (12), in welcher unter Verwendung der Verdichterendluft (15) ein Brennstoff (F) unter Bildung von Heissgas (16) verbrannt wird, sowie eine Turbine (13), in welcher das Heissgas (16) unter Arbeitsleistung entspannt wird, bei welchem Verfahren verdichtete Luft aus dem Verdichter (11) entnommen, als Kühlluft zur Kühlung in einem innenliegenden Kühlkanal (26, ..., 30) durch thermisch belastete Bauteile (23; 38, ..., 40) der Brennkammer (12) und/oder der Turbine (13) geleitet, anschliessend verdichtet und der Verdichterendluft (15) zugefügt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein geringer Teil der Kühlluft zur Filmkühlung durch an den Bauteilen (23; 38, ..., 40) angeordnete Filmkühlbohrungen (33, 34) nach Art einer gezielten Leckage in die Turbinenströmung eingespiessen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittels der Kühlluft gekühlten, thermisch belasteten Bauteile die Wände der Brennkammer (12) und/oder Wände der Uebergangsstücke und/oder Gehäuseteile der Turbine (13) und/oder Rotorteile der Turbine (13) und/oder Schaufeln (23) der Turbine (13) umfassen.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (23) der Turbine mittels der Kühlluft gekühlt werden, und dass die Filmkühlbohrungen (33, 34) an den Schaufeleintrittskanten (52) und/oder den Schaufelaustrittskanten (53) angeordnet sind.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbine (13) eine Mehrzahl von Schaufelreihen (38, 39, 40) umfasst, und dass die Schaufelreihen (38, 39, 40) nacheinander von der Kühlluft durchströmt werden. 5
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Verdichten der Kühlluft nach dem Kühlvorgang der Verdichter (11) der Gasturbinenanlage (10, 35, 41, 45, 48) selbst verwendet wird. 10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Verdichten der Kühlluft nach dem Kühlvorgang ein externer Verdichter (36) verwendet wird. 15
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlluft mittels des externen Verdichters (36) auf den Druck der Verdichterendluft (15) verdichtet wird, und dass die verdichtete Kühlluft direkt der Verdichterendluft (15) zugefügt wird. 20
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlluft nach dem Kühlvorgang und vor dem Verdichten abgekühlt wird. 25
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlluft nach der Entnahme aus dem Verdichter (11) auf niedrigere Temperatur gekühlt wird, bevor sie zur Kühlung thermisch belasteter Bauteile verwendet wird. 30
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 und 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Abkühlen der Kühlluft ein Kühler (19, 22, 22', 44, 51) verwendet wird. 35
11. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Abkühlen der Kühlluft Wasser direkt in die Kühlluft eingespritzt wird. 40
12. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlluft mittels eines Wärmetauschers (43) mit der Verdichterendluft (15) gekühlt wird. 45
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlluft nach Durchlaufen des Wärmetauschers (43) mittels eines anderen Kühlmediums noch weiter abgekühlt wird. 50
14. Gasturbinenanlage (10, 35, 41, 45, 48) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, umfassend einen Verdichter (11), welcher eingangsseitig Ansaugluft (14) ansaugt und zu ausgangsseitig zur Verfügung stehender Verdichterendluft (15) verdichtet, eine Brennkammer (12), in welcher unter Verwendung der Verdichterendluft (15) ein Brennstoff (F) unter Bildung von Heissgas (16) verbrannt wird, sowie eine Turbine (13), in welcher das Heissgas (16) unter Arbeitsleistung entspannt wird, wobei zur Kühlung von thermisch belasteten Bauteilen (23; 38, ..., 40) der Brennkammer (12) und/oder der Turbine (13) erste Kühlleitungen (20, 37, 42, 46, 49, 50) von dem Verdichter (11) und/oder dem Ausgang des Verdichters (11) zu den Bauteilen (23; 38, ..., 40) und zweite Kühlleitungen (20', 37', 42', 46', 49', 50') von den Bauteilen (23; 38, ..., 40) zum Verdichter (11) und/oder dem Ausgang des Verdichters (11) zurück vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zu kühlenden Bauteile (23; 38, ..., 40) Filmkühlbohrungen (33, 34) aufweisen, welche mit den ersten und zweiten Kühlleitungen (20, 37, 42, 46, 49, 50 bzw. 20', 37', 42', 46', 49', 50') in Verbindung stehen.
15. Gasturbinenanlage nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gekühlten Bauteile Schaufeln (23) der Turbine (13) umfassen, und dass die Filmkühlbohrungen (33, 34) an den Schaufeleintrittskanten (52) und/oder den Schaufelaustrittskanten (53) angeordnet sind.
16. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 14 und 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Kühlleitungen (20', 37', 42', 46', 49', 50') in den Verdichter (11) auf einer mittleren Druckstufe münden.
17. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 14 und 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den zweiten Kühlleitungen (20', 37', 42', 46', 49', 50') ein externer Verdichter (36) angeordnet ist, und dass die zweiten Kühlleitungen (20', 37', 42', 46', 49', 50') in den Ausgang des Verdichters (11) der Gasturbinenanlage (35) münden.
18. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den zweiten Kühlleitungen (20', 37', 42', 46', 49', 50') ein Kühler (19, 22, 44, 51) angeordnet ist.
19. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den zweiten Kühlleitungen (20', 37', 42', 46', 49', 50') eine Einspritzvorrichtung (47) zum Einspritzen von Wasser in die Kühlluft angeordnet ist.
20. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den zweiten Kühlleitungen (20', 37', 42', 46', 49', 50') ein von der Verdichterendluft (15) durchflossener Wärmetauscher (43) angeordnet ist.

21. Gasturbinenanlage nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Wärmetauscher (43) ein mit einem anderen Kühlmedium betriebener Kühler (44) nachgeschaltet ist.

5

22. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den ersten Kühlleitungen (20, 37, 42, 46, 49, 50) Mittel zum Abkühlen der Kühlluft, insbesondere in Form eines Kühlers (22'), angeordnet sind.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

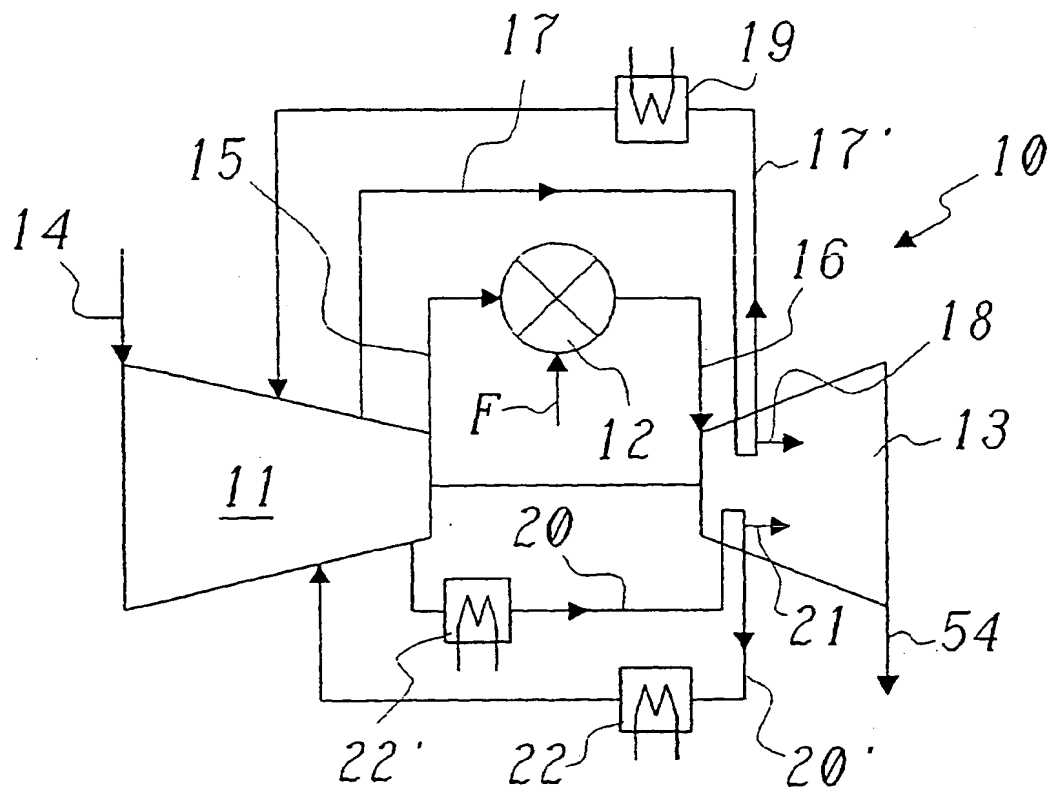


Fig. 1

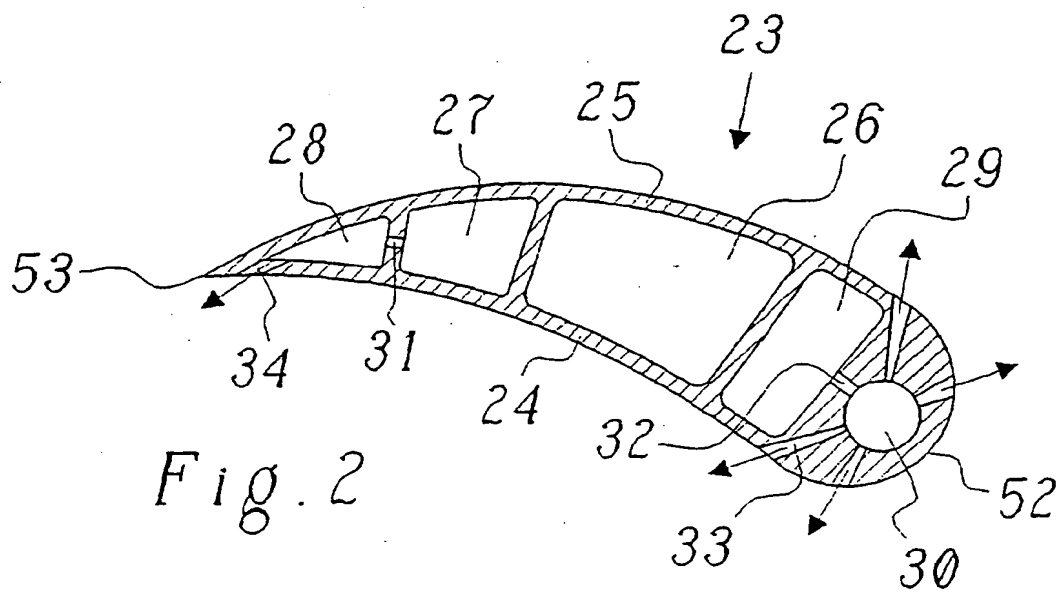


Fig. 2

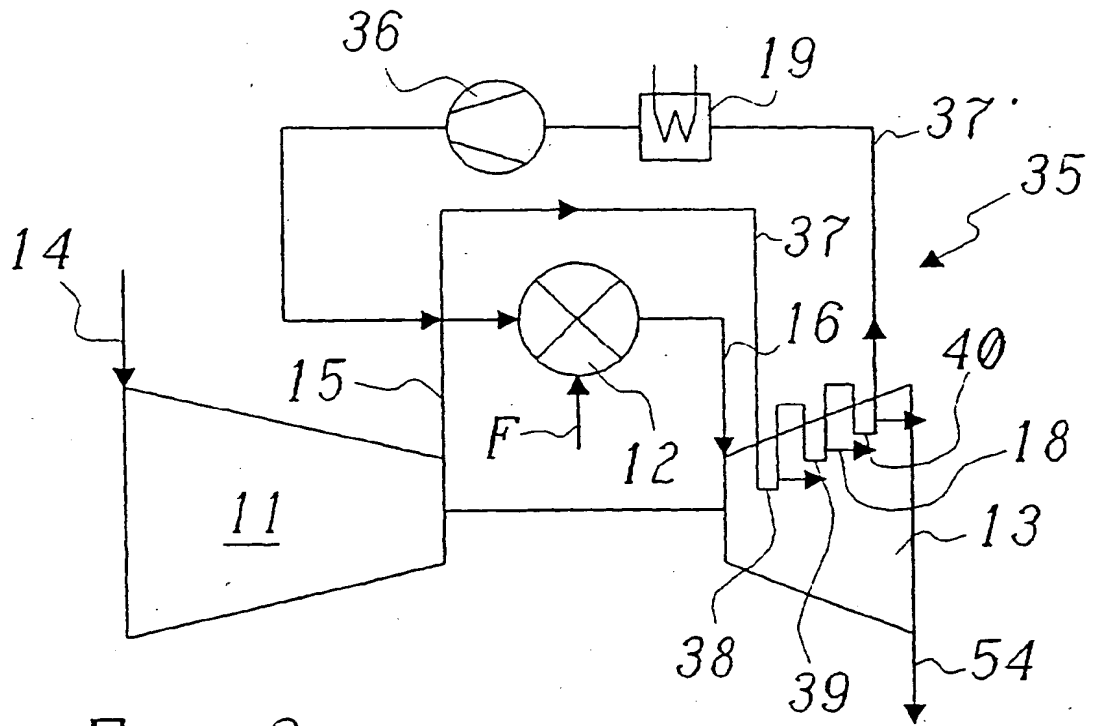


Fig. 3

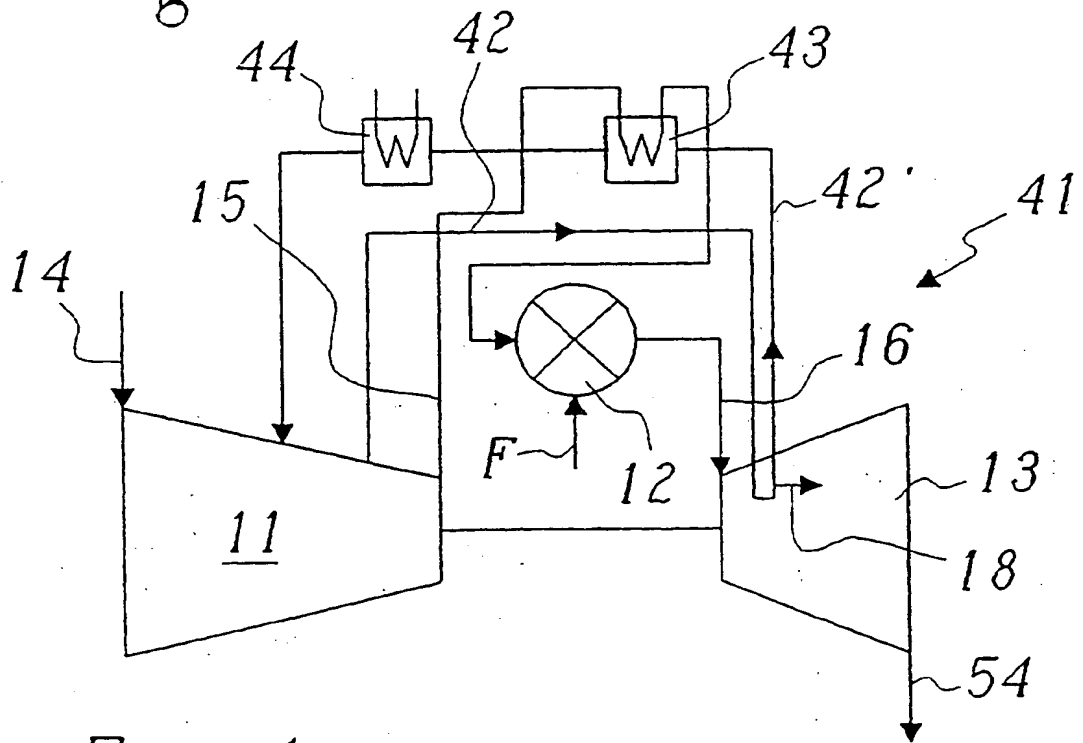


Fig. 4

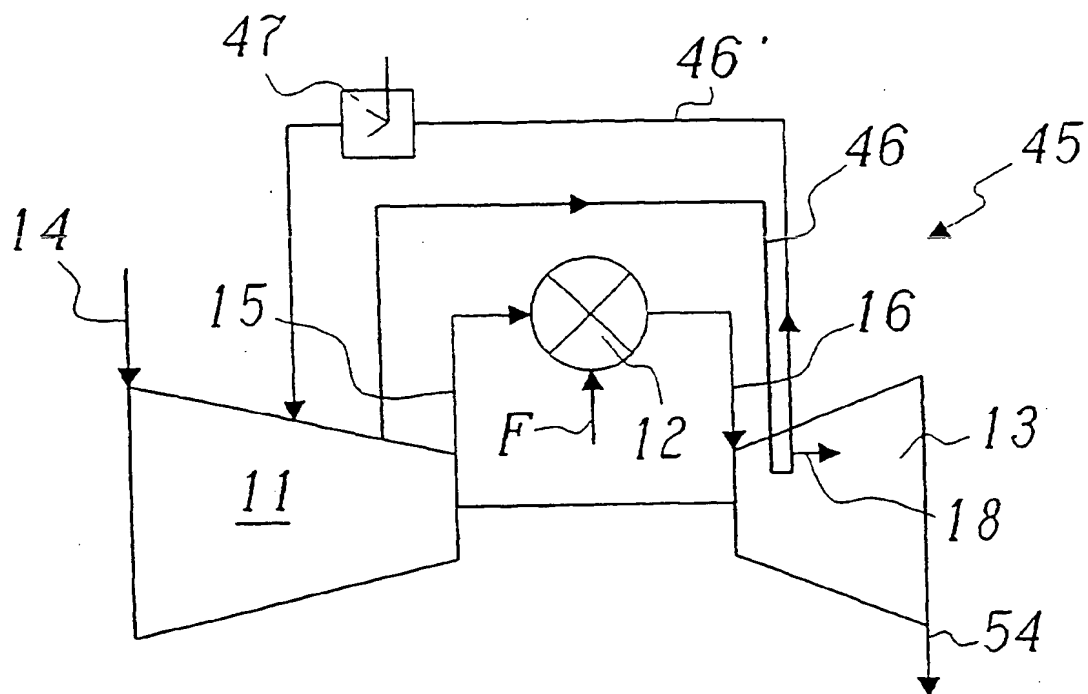


Fig. 5

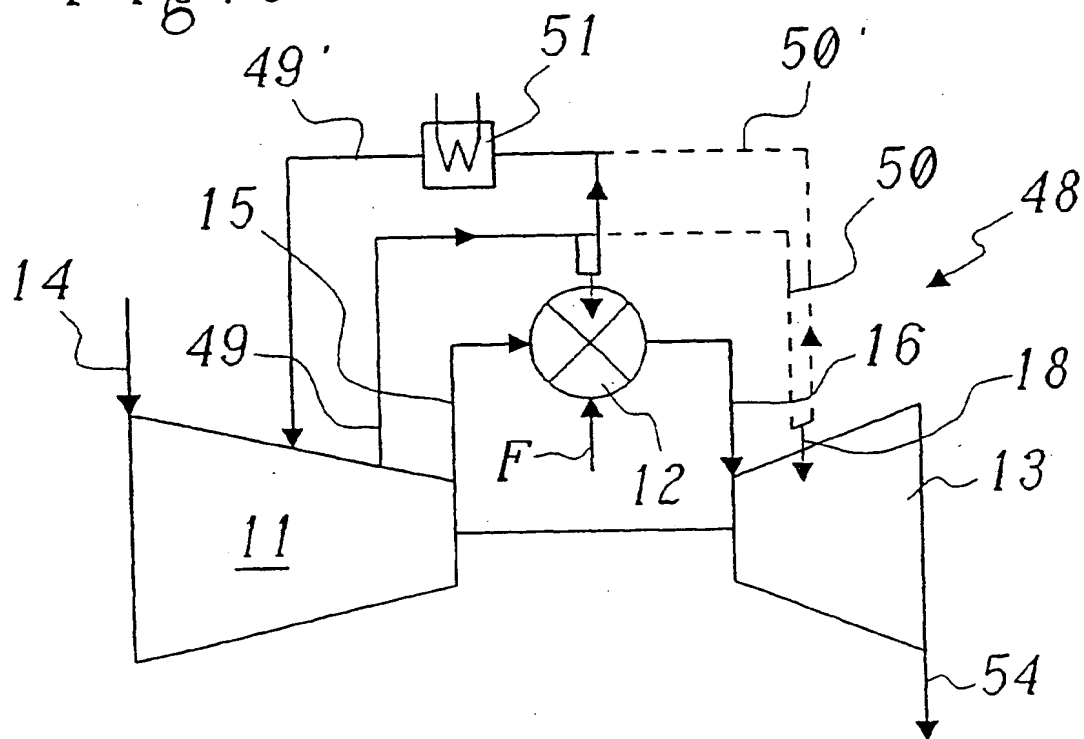


Fig. 6